

## CAPÍTULO II

# Electrificación de los Ferrocarriles del Estado

### Chile

Por F. Sandoval

En Chile, la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, después de su reorganización del año 1914, teniendo presente el mejoramiento de la explotación de sus líneas bajo los puntos de vista técnicos y económicos, elaboró un plan de obras que tenía por objeto hacer de sus servicios una entidad productora que dejase de ser una carga para el presupuesto de la Nación. Entre otras de las obras, se estimó que la electrificación de parte de sus líneas sería un buen negocio y decidió efectuar un estudio que permitiese bajo una base cierta acometerla. Los resultados a que se llegó en el estudio de la electrificación de la Red Central efectuado durante el año 1918 fueron altamente interesantes y en especial para la Primera Zona que comprende las líneas de trocha ancha, 1 676 mts. entre Santiago y Valparaíso y el Ramal de Las Vegas a Los Andes en una extensión aproximada de unos 380 kilómetros de líneas principales y desvíos; fué así como la Comisión encargada de dicho estudio, formada por los Ingenieros señores Rafael Edwards y Ricardo Solar, recomendó en su interesante informe acometer dicha obra en la siguiente forma:

«De acuerdo con las ideas expresadas en el presente estudio, la Empresa obtendría las mayores ventajas económicas de la electrificación; en primer lugar limitando su acción al establecimiento de la tracción eléctrica en sus líneas, y dejando la constancia de centrales y el suministro de la energía a las empresas que actualmente ejercen industria o las que puedan establecerse sobre la base del consumo de la tracción eléctrica y en segundo lugar, procediendo a la electrificación de sus líneas después de haber elegido el sistema más conveniente en vista del resultado de una licitación pública amplia que permita la concurrencia de todas las casas especialistas en tracción eléctrica».

Aprobadas las conclusiones anteriores, se elaboraron las bases a que deberían ajustarse los interesados en suministrar las locomotoras, sub-estaciones y demás materiales y los interesados en proporcionar la energía eléctrica para la movilización de los trenes.

El resultado de dicha licitación pública fué favorable a las firmas Errázuriz, Simpson y Cía. asociada con la

Casa Westinghouse International Co. para suministrar toda la maquinaria en condiciones de trabajo, y a la Compañía Chilena de Electricidad Ltda. para suministrar la corriente eléctrica necesaria para todos los servicios de tracción, alumbrado y fuerza motriz en la Primera Zona.

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LA PRIMERA ZONA.

##### *Fuentes y distribución de la energía eléctrica*

La Compañía Chilena de Electricidad que vende la energía eléctrica a la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, la produce en sus centrales hidráulicas, Maitenes con (25 000 K. W.) y Florida con (15 000 K. W.) y en la central Térmica de Mapocho con (20 000 KW.) bajo la forma de corriente alterna trifásica de 50 períodos por segundo y la distribuye hacia Valparaíso por medio de una línea de alta tensión a 110 000 volts. Esta línea principal de alta tensión a 110 000 volts que arranca desde Maitenes ubicada a 50 kilómetros de Santiago, está formada por una línea doble de aluminio sostenida en torres de acero, y llega hasta las proximidades de Viña del Mar después de pasar por Santiago con un recorrido de 135 kilómetros.

La energía eléctrica es entregada a la Empresa bajo la forma de corriente alterna trifásica a 50 períodos y 12 000 volts en las sub-estaciones extremas de Quilicura y Viña del Mar y a 44 000 volts en las sub-estaciones de Rungue, Llay-Llay y San Pedro. Las dos primeras son alimentadas de los circuitos secundarios de Santiago y Viña del Mar respectivamente, y las tres restantes reciben la corriente de la sub-estación Las Vegas que reduce el voltaje de 110 000 a 44 000.

La energía que consume la Empresa es medida en la alta tensión de cada sub-estación, totalizada y registrada en los instrumentos de la Oficina del Despachador Eléctrico de la Empresa de los Ferrocarriles, en la Estación de Bellavista (sobre este punto volveré más adelante).

#### OBRAS CONTRATADAS POR LA EMPRESA

Las líneas que se contrató electrificar suman un total de 380 kilómetros incluyendo línea principal y desvíos, disponiendo para ello maquinarias e instalaciones capaces de efectuar una movilización de (1 000 000 000), mil millones de toneladas kilómetros de carga bruta incluyendo trenes de pasajeros y carga, o sea una movilización 50% mayor que la alcanzada el año 1917 que ha sido uno de los años de mayor tráfico.

El sistema adoptado es el de corriente continua a 3 000 volts, con la línea de contacto aérea.

#### SUB-ESTACIONES

Las cinco sub-estaciones Quilicura, Rungue, Llay-Llay, San Pedro y Viña del Mar, distribuidas a lo largo de la línea entre Santiago y Valparaíso, transforman la corriente alterna que reciben de la Compañía Chilena de Electricidad Ltda. a 12 000 volts y 44 000 volts, en corriente continua a 3 000 volts, mediante dos grupos motores generadores de 2 000 K. W. cada uno.

Las cinco sub-estaciones son del tipo interior con edificios de concreto armado divididos en dos salas, una destinada a la alta tensión, transformadores e interruptores y la otra a los motores generadores y tableros de distribución: el subterráneo está ocupado por los interruptores de puesta en marcha, ventiladores y resistencias de los generadores.

POTENCIA INSTALADA

	Quilicura Volts.	Rungue Volts.	Llay-Llay Volts.	San Pedro Volts.	Viña del Mar Volts.
Corriente de alimentación alterna trifásica 50 periodos por segundos a.....	12 000	44 000	44 000	44 000	12 000
2 transformadores aceite auto enfriamiento: en cada sub-estación de 2 500 K. V. A. c.ju. ...	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
En cada sub-estación dos grupos motores generadores de 2 000 K. W. c.ju. y 3 000 V.....	4 000 Kw.	4 000 Kw.	4 000 Kw.	4 000 Kw.	4 000 Kw.

LÍNEA DE CONTACTO

La corriente continua a 3 000 volts producida en las sub-estaciones es distribuída a lo largo de la línea mediante alimentadores positivos de aluminio de secciones adecuadas a las características del perfil de la vía; de estos alimentadores se proporciona corriente al trolley mediante uniones establecidas cada 300 metros. El trolley, que es un conductor de cobre maciso, tiene la forma de un número 8 con el objeto de poder tomarlo con los suspensores que van espaciados cada 5 metros y mantenerlo colgado del cable de acero que forma la catenaria y que se denomina mensajero, formando una línea paralela a la vía y suave al deslizamiento del pantógrafo aún a las mayores velocidades. Para el retorno de la corriente eléctrica se aprovechan los rieles que están unidos entre sí por medio de contactos de cobre soldados eléctricamente a ellos y como una seguridad a fin de evitar sobre tensiones en caso de romperse estos contactos, se unen los rieles a un alimentador negativo de aluminio.

La postación que sostiene el conjunto de cables aéreos, es de concreto armado del tipo enrejado distribuídos a 60 metros en los tramos en la línea recta disminuyéndose estas luces hasta 35 metros en las curvas de radio mínimo, 180 metros. El total de postes empleados llegó a la cifra de 6 500.

El tipo general de construcción en línea recta está constituido por un poste con cruceta para sostener los alimentadores y cables del sistema controlador de potencia y de un brazo consola de fierro *T* de 3 metros de longitud para sostener la catenaria del trolley. En las curvas se usan disposiciones especiales con el objeto de centrar el trolley en el eje de la vía. En las estaciones donde hay varias líneas a continuación una de otras se sostiene todo el sistema aéreo del trolley por medio de catenarias transversales.

La Empresa al decidirse por el tipo de postes de concreto armado, entre otras razones tuvo en vista la del empleo de materiales nacionales tales como el cemento y fierro relaminado, postes que en la práctica han dado espléndidos resultados.

En el sector de líneas aéreas comprendido entre Chorrillos y Puerto, fué preciso adoptar nuevas disposiciones empleando marcos rígidos de fierro para sustentar las líneas aéreas, por diversas condiciones locales que impedirían la colocación de postes. El tipo general de marcos es el correspondiente a dos vías con luz de 9 metros entre ejes de columnas habiéndose llegado a construir algunos hasta 45 metros de luz para la estación de Viña del Mar.

### LOCOMOTORAS

Las locomotoras adquiridas para los diversos servicios son treinta y nueve, cuyos tipos se distribuyen en la siguiente forma para los servicios de:

	Locomotoras
Trenes expresos y omnibus	6
Trenes locales .....	11
Trenes de carga .....	15
Maniobras.....	7
	<hr/>
	39

Las locomotoras de expresos tienen las siguientes características principales:

Tipo 1—C—C—1

	Klgs.
Peso adherente con 6 ejes con.	95.240
Peso en los ejes directores....	19.760
	<hr/>
Peso total.....	115 000

Potencia de las locomotoras al régimen de 1 hora, 6 motores de 375 H. P. (H. P.)	2 250
Velocidad máxima (klmts. hora)	101

Estas locomotoras están provistas de los dispositivos necesarios para la recuperación de la energía en las pendientes.

El esfuerzo de los motores es tras-

mitido a las ruedas por medio de engranajes.

Las locomotoras para los trenes locales son del Tipo B—B.

Peso adherente en los 4 ejes 72,500 kgs  
Potencia de la locomotora al régimen de 1 hora, 4 motores 1 500 H. P.

Velocidad máxima 90 klms./hora.

El esfuerzo de los motores es transmitido a los ejes por engranajes.

Las locomotoras no están provistas del equipo para la regeneración.

Las locomotoras de carga tienen las siguientes características:

Tipo C—C.

Peso adherente, 6 ejes 102 500 kgs.l.

Potencia de la locomotora al régimen de 1 hora, 6 motores 1 680 H. P.

Velocidad máxima 65 klms./hora.

Trasmisión del esfuerzo a los ejes motores por engranajes. Están provistas de dispositivos para la recuperación de energía en las pendientes.

Las locomotoras de maniobra tienen las siguientes características principales:

Tipo B—B.

Peso total adherente 61 500 Klms.

Potencia de la locomotora al régimen de 1 hora, 4 motores 560 H. P.

Velocidad máxima 54,8 Klms./hora.

Trasmisión del esfuerzo de los motores a los ejes por engranajes.

El empleo de las locomotoras eléctricas ha permitido reducir el tiempo de recorrido de los trenes expresos en media hora y el de los omnibus en una hora, el mismo tiempo que permitió el aumento del peso de dichos trenes a 300 toneladas sin que sea necesario el empleo de remolque.

En cuanto a los trenes de carga se ha conseguido aumentar su peso de 550 toneladas a 700 toneladas necesitando remolque en el trozo Llay-Llay Cumbre. El mayor peso de los trenes ha traído como consecuencia un menor número de ellos con las consiguientes reducciones de empleados.

SISTEMA INDICADOR Y LIMITADOR DE  
POTENCIA

El contrato que rige respecto al suministro de energía eléctrica entre la Compañía de Electricidad y la Empresa de los Ferrocarriles, para los servicios de tracción y alumbrado de la 1.ª Zona dice en las disposiciones relacionadas con el valor de la energía lo siguiente:

*Séptimo:* El precio que pagará la Empresa por su consumo será de siete pesos cincuenta centavos oro sellado de dieciocho peniques mensuales, por kilowatt de demanda máxima, más dos centavos oro sellado de dieciocho peniques por kilowatt-hora consumido. Para los efectos de este artículo se entiende por demanda máxima la mayor potencia a que alcance en el mes el término medio de las potencias consumidas por la Empresa durante quince minutos consecutivos.

*Octavo:* La Empresa se obliga a pagar como mínimum de la demanda máxima, en un mes cualquiera, durante el ejercicio del contrato, el que resulte del término medio de las demandas máximas de los doce meses que preceden al mes, considerando siempre que este mínimum no sea inferior al que haya regido en cualquier mes anterior, en cuyo caso abonará el mínimum más alto que se haya obtenido».

Con el objeto de medir, indicar y registrar la cantidad total de la energía entregada por la Compañía Chilena de Electricidad a las cinco sub-estaciones en el lado de las barras de alta tensión, y especialmente limitar los máximos de la potencia en períodos de 15 minutos, que en un momento dado pueda hacer subir, la movilización de los trenes, sobre el límite que de antemano se ha fijado, se ha instalado un sistema indicador y limitador de potencia,

cuyas indicaciones se obtienen y controlan en la Oficina del Despachador Eléctrico en la Estación de Bellavista, inmediata al Despachador de Trenes, por medio de wattmetros inscriptores de potencia instantánea, wattmetros de demandas máximas en períodos de 15 minutos y medidores totalizados.

El funcionamiento de este dispositivo de medida está basado en la generación de una corriente de frecuencia variable proporcional a la potencia por las sub-estaciones y transmitido hasta Bellavista por un sistema de dos conductores.

El control de la demanda de energía se efectúa por medio de un sistema de relays dispuestos de tal modo que cuando se alcanza la potencia fijada de antemano, éstos envían a las sub-estaciones una serie de impulsos eléctricos por medio del circuito del sistema indicador; estos impulsos obran sobre otros relays que hay en las sub-estaciones, los cuales a su vez obran sobre los reostatos del campo de los generadores de corriente continua a 3 000 volts, bajando el voltaje del trolley hasta mantener una carga conveniente en todo el conjunto de las líneas de la Zona. Una vez que el consumo ha bajado del límite fijado, estos mismos relays envían otra clase de impulsos de corriente que hacen funcionar a los relays de las sub-estaciones en el sentido de elevar el voltaje de la línea hasta el valor normal de 3 000 volts.

Por medio de este sistema limitador de potencia, se pueden en los casos extremos desconectar toda la red de 3 000 volts, ya sea automáticamente por efecto de una demanda excesiva en la cual no ha sido suficiente la regulación del voltaje o bien a mano.

## **La electrificación de los ferrocarriles en la Argentina.**

El Ferrocarril Central Argentino inauguró el año 1916 la electrificación de unas 100 millas de simple vía que han funcionado hasta la fecha con gran éxito. El sistema ferroviario electrificado es suburbano.

La energía se produce en una Central térmica de 15 000 K. W. en forma de corriente trifásica 25 períodos, 20 000 volts, que es convertida, en 4 sub-estaciones, en corriente continua 800 volts, forma en que es utilizada para la tracción ferroviaria. Los trenes colectan la corriente de un tercer riel.

La tracción se hace por unidades múltiples, compuestas de un coche motor y de un remolque. Los remolques tienen «controller», de modo que los trenes pueden ser manejados por cualquiera de sus extremos.

Otro ferrocarril argentino que ha electrificado una parte de su sistema es el Ferrocarril del Oeste. El sector electrificado es suburbano y se extiende de la Plaza Once en Buenos Aires a la ciudad de Moreno, cubriendo una distancia de 36 kilómetros. El servicio eléctrico se abrió al público el 30 de Abril de 1923.

Este ferrocarril suburbano empalma con la Estación del Subterráneo de Plaza Once (Compañía de Tranvías Anglo-Argentina).

La energía es generada en la Central del Dock Sud, central térmica de unos 20 000 K. W. La distribución a las 4 sub-estaciones se hace por corriente monofásica 25 períodos, 20 000 volts en cable subterráneo. Los trenes reciben la energía en forma de corriente continua, por un tercer riel, excepto en el recinto del puerto, donde la reciben por línea de contacto aéreo. La tracción se hace por unidades múltiples.

## **CAPÍTULO III**

# **Algunas ideas sobre lo que hay que hacer en Chile para el desarrollo de la electrificación del país.**

**Por Jaramillo**

En la zona del Norte especialmente en el salitre, el consumo de energía puede dividirse en la siguiente forma:

1.º Consumo en luz, tracción urbana y utilidades domésticas en las ciudades, pueblos y en las oficinas salitreras.

2.º Consumo como fuerza motriz en las salitreras, en las faenas de extracción, acarreo, trituración del caliche, y en las Maestranzas anexas.

3.º Consumo en la tracción de los Ferrocarriles de la Región Salitrera.